

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-166584

(43)Date of publication of application : 20.06.2000

(51)Int.Cl.

C12P 7/04  
 C12M 1/40  
 // C12N 9/02  
 C12N 9/04  
 C12N 11/04  
 (C12P 7/04  
 C12R 1:01 )

(21)Application number : 10-349157

(71)Applicant : OSAKA GAS CO LTD

(22)Date of filing : 08.12.1998

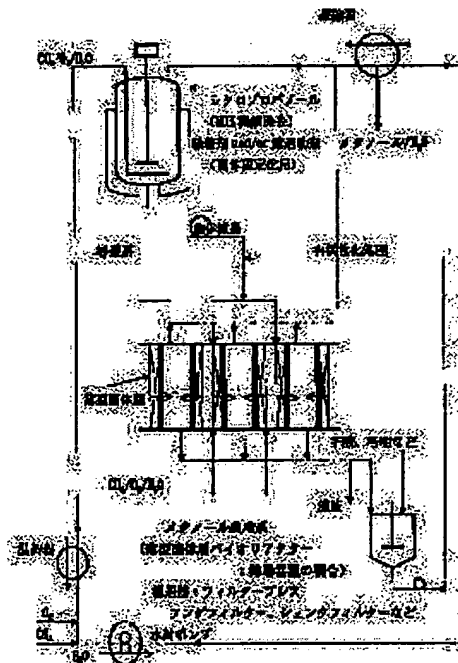
(72)Inventor : MAEDA TOYOHIRO  
 MORITA HIROAKI

## (54) REACTOR FOR PRODUCING ALKANOL

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To efficiently obtain an alkanol for synthetic intermediates, etc., of chemicals by feeding an alkane into a reactor containing an alkane-assimilating bacterium or its enzyme and a culture medium and fermenting the resultant alkanol while keeping it in a specific concentration.

**SOLUTION:** In a method for producing an alkanol by feeding an alkane into a reactor containing an alkane-assimilating bacterium [e.g. *Methylosinus trichosporium* OB3b(ATCC35070)] or an enzyme which an alkane-assimilating bacterium can produce (e.g. methanemonooxygenase) and a culture medium and recovering an alkanol from the reactor, the alkane is reacted with the bacterium while keeping an alkanol concentration in the reactor in an amount of  $\cdot 10$  mM based on bacterial cell unit weight to selectively provide the objective alkanol useful as a synthetic intermediate, etc., for various chemicals.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-166584

(P2000-166584A)

(43) 公開日 平成12年6月20日(2000.6.20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
C 1 2 P 7/04		C 1 2 P 7/04	4 B 0 2 9
C 1 2 M 1/40		C 1 2 M 1/40	A 4 B 0 3 3
// C 1 2 N 9/02		C 1 2 N 9/02	4 B 0 5 0
	9/04	9/04	E 4 B 0 6 4
	11/04	11/04	

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-349157

(22) 出願日 平成10年12月8日(1998.12.8)

(71) 出願人 000000284

大阪瓦斯株式会社

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

(72) 発明者 前田 豊広

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(72) 発明者 森田 宏明

大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

大阪瓦斯株式会社内

(74) 代理人 100065215

弁理士 三枝 英二 (外10名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アルカノール製造リアクター

(57) 【要約】

【課題】アルカノール特にメタノールを穏和な条件で効率的に生産する。

【解決手段】アルカン酸化菌又はアルカン酸化菌が生産し得る酵素および培地を含むリアクター内にメタンを供給する工程および該リアクターからメタノールを回収する工程を有するメタノールの製造方法において、リアクター中のメタノール濃度を菌体単位重量に対して10mM以下に保つメタノールの製造方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】アルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素および培地を含むリアクター内にアルカンを供給する工程および該リアクターからアルカノールを回収する工程を有するアルカノールの製造方法において、リアクター中のアルカノール濃度を菌体単位重量に対して10mM以下に保つアルカノールの製造方法。

【請求項2】アルカン資化菌が生産し得る酵素がメタンモノオキシゲナーゼ(MMO)である請求項1に記載のメタノールの製造方法。

【請求項3】アルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素に含まれるアルカノール脱水素酵素を休眠化処理する工程をさらに含む請求項1に記載のアルカノールの製造方法。

【請求項4】アルデヒド類、カルボン酸塩あるいはこれら混合物よりなる栄養源をリアクター内に補給する工程をさらに含む請求項1に記載のアルカノールの製造方法。

【請求項5】アルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素を高比表面積基体に非共有結合的方法により固定化して用いる請求項1に記載のアルカノールの製造方法。

【請求項6】アルカン資化菌が好熱菌である請求項1に記載のアルカノールの製造方法。

【請求項7】アルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素および培地を含むリアクター、該リアクター内にアルカンおよび酸素を供給する手段、該リアクター内の培地からアルカノールを回収する手段を含むバイオリアクター。

【請求項8】アルカノール回収手段によりリアクター内のメタノール濃度を菌体単位重量に対して10mM以下に保つ請求項7に記載のリアクター。

【請求項9】高比表面積基体に非共有結合的方法により固定化したアルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素を有する請求項7に記載のリアクター。

【請求項10】アルカノールデヒドロゲナーゼを休眠化する手段をさらに含む請求項7に記載のリアクター。

【請求項11】栄養源を含む培地を補給する手段をさらに含む請求項7に記載のリアクター。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、種々の化学品の合成中間体として有用なアルカノール、特にメタノールを生体機能を利用したアルカン、特にメタンの酸化反応により選択的に製造する方法および該方法に用いるバイオリアクターに関する。

## 【0002】

【従来技術及びその課題】メタノールは一般的にメタンを原料とした合成ガス(一酸化炭素)から製造されるが、これらの製法は一般に高温、高圧下で行われるた

め、より緩和な条件下でのメタノール合成が検討されている。Science Vol.280, 24 April (1998) 560-563では比較的熱安定性の良い金属錯体系触媒によるメタンからメタノールの直接合成が報告されている。このような最新の研究成果においてもメタンの酸化によるメタノール転化反応は百数十度の温度を必要とするが、ある種の金属酵素はこれを常温、常圧で進めることができる。

【0003】J. Biol. Chem., 264(17): 10023-10033, 1989には、メタン資化菌内に保有されるメタンモノオキシゲナーゼ(MMO)を用いたメタンからメタノールの直接合成法について、詳しい記載がある。菌体内に存在するMMOには可溶型と膜結合型のコンポーネント型酵素が存在することが知られている。前者は二核の鉄原子を活性サイトとして持つ金属酵素で、後者は銅原子が酵素活性に大きく関与している。これを触媒としたメタン/メタノール転化反応は、バイオミメティックスの面からも注目されている。J. Am. Chem. Soc., 119, 12311-12321, 1997には形式価数4価の鉄原子によるMMOの高活性転化反応メカニズムが示されている。

【0004】USP5,190,870には、こうした生体機能を利用したアルカノールの製造方法が開示されている。生体機能を利用したアルカノールの製法として微生物学的方法(発酵法)、酵素学的方法が提案されている。酵素法は、例えばMethylococcus capusulatus Bathや Methylosinus tricosporium 083b等のメタン資化細菌よりメタンモノオキシゲナーゼ(MMO)を分離し、それを触媒としてメタノールを合成する方法であり、MMOを酵素触媒とした触媒サイクルによるメタノールの製法が提案されている。MMOは完全に単離する方法が複雑であり、また、単離後の活性低下が大きく、不安定である。

【0005】USP5,192,672にはMMOを安定化させるための単離方法、取り扱い方法が記載されているが、未だ十分とは言えない。これに対しメタン資化菌内に保有されるMMOは、単離されたMMOに比べ遥かに安定であるため、菌体をそのまま用いれば、MMOの長時間に渡る活性を利用することが可能である。しかし、菌体内に存在するメタンデヒドロゲナーゼ(MDH)の作用により、メタンより生成されたメタノールは、さらに酸化を受け蟻酸になり、二酸化炭素にまで酸化される。特開平3-43090にはメタン資化菌体を用いたn-アルカンからn-アルカノールの合成法において、MDHの作用のみを選択的に阻害する方法が開示されている。しかし、このようなMDHの休眠化処理を受けたメタン資化菌のメタン・メタノール転化触媒機能は充分解明されておらず、製造法として未だ確立されていない。さらにこれらを利用した、経済性を配慮したバイオリアクターに関する具体的知見はほとんどない。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、以下の項1～項10に関する。

項1. アルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素および培地を含むリアクター内にアルカンを供給する工程および該リアクターからアルカノールを回収する工程を有するアルカノールの製造方法において、リアクター中のアルカノール濃度を菌体単位重量に対して10 mM以下に保つアルカノールの製造方法。

項2. アルカン資化菌が生産し得る酵素がメタンモノオキシゲナーゼ(MMO)である項1に記載のメタノールの製造方法。

項3. アルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素に含まれるアルカノール脱水素酵素を休眠化処理する工程をさらに含む項1に記載のアルカノールの製造方法。

項4. アルデヒド類、カルボン酸塩あるいはこれら混合物よりなる栄養源をリアクター内に補給する工程をさらに含む項1に記載のアルカノールの製造方法。

項5. アルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素を高比表面積基体に非共有結合的方法により固定化して用いる項1に記載のアルカノールの製造方法。

項6. アルカン資化菌が好熱菌である項1に記載のアルカノールの製造方法。

項7. アルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素および培地を含むリアクター、該リアクターにアルカンおよび酸素を供給する手段、該リアクター内の培地からアルカノールを回収する手段を含むバイオリアクター。

項8. アルカノール回収手段によりリアクター内のメタノール濃度を菌体単位重量に対して10mM以下に保つ項7に記載のリアクター。

項9. 高比表面積基体に非共有結合的方法により固定化したアルカン資化菌又はアルカン資化菌が生産し得る酵素を有する項7に記載のリアクター。

項10. アルカノールデヒドロゲナーゼを休眠化する手段をさらに含む項7に記載のリアクター。

項11. 栄養源を含む培地を補給する手段をさらに含む項7に記載のリアクター。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】本発明において、アルカン資化菌としては、メタン、エタン、プロパン、ブタン、ペンタン、ヘキサンなどの炭素数1~6のアルカン、特にメタンを炭素源として利用することができる菌を広く包含する。好ましいアルカン資化菌としては、メタン資化菌、ブタン資化菌などが挙げられ、特にメタン資化菌が挙げられる。

【0008】アルカン資化菌が生産し得る酵素としては、メタンおよび必要に応じて他のアルカンをメタノールおよびアルカノールに酸化できる酵素であればその種類および由来については限定されない。好ましいアルカン資化菌が生産し得る酵素としては、アルカン資化菌、特にメタン資化菌の産生するモノオキシゲナーゼ、特に

メタンモノオキシゲナーゼ(MMO)が例示される。MMOは、メタン、エタン、プロパン等のアルカンをアルカノールに酸化することができる。

【0009】好適なアルカン資化菌が生産し得る酵素であるMMOは、メタンをエネルギー源として利用できるメタン資化菌、一般にメチロトロフス(Methylotrophs)と呼ばれる菌体に広く存在することが知られている。具体的なメタン資化菌としてはメチロモナス・メタニカ(Methylomonas methanica)、メチロコッカス・カプスラタス(Methylococcus Capsulatus(Buth) 通称バス菌)、メチロシヌス・トリコスボリウム(Methylosinus trichosporium OB3b)、メチロシヌス・エス・ビー・CRL31(Methylosinus s.p. CRL31)などが挙げられる。好熱性菌であるメチロコッカス・カプスラタスがアルカン資化菌として好ましい。

【0010】メタン資化菌などのアルカン資化菌を培養するための培地としては炭素源、窒素源、無機物及び必要に応じてその他の栄養源を含むものであれば合成培地、天然培地のいずれも使用可能である。しかし培地内の金属イオンの組成によって可溶型、膜型の生成は大きく異なり、銅イオンの多く存在する培地内では膜型の生成が促進される。膜型の活性は可溶型に比べ高いが、可溶型の倍化時間は膜型より短い。

【0011】メタン資化菌などのアルカン資化菌の培養はアルカン、特にメタンの存在下振盪培養、あるいは通気攪拌培養等の好気的条件下で行う。培養温度は菌の種類によって好適条件は異なるが、一般に20℃から40℃の範囲が適している。しかし、Bath等の好熱菌では好適温度が40℃を超えることもある。また、pH域は中性付近が好ましいが、MDHを休眠化させた場合にはエネルギー源として蟻酸を補給することが有効であった。したがって溶液のpHは酸性側になることもある。蟻酸の添加で酵素の再活性化のターンオーバーは10万回以上と推定される。

【0012】MDHの休眠化は、例えばシクロプロパノールを系内に存在させることにより、行うことができる。ここで「休眠化」とは、例えばメタンからメタノールへの酸化の場合、メタノールからホルムアルデヒドを経てギ酸に酸化する経路を抑制するが、メタンからメタノールへの酸化は抑制されないことを意味する。

【0013】培養菌体からのアルカン資化菌が生産し得る酵素例えばMMOの抽出方法は公知の方法即ちI.J. Higgins等、J. General Microbiology 125, 63-72(1981)に記載されている方法によって行うことができる。しかし、本発明ではアルカン資化菌が生産し得る酵素特にMMOは菌体から抽出された純粋な酵素である必要はない。

【0014】即ち、アルカン資化菌特にメタン資化菌の生菌を培養液から遠心分離等の方法によって濃縮、分離し、その菌体、あるいは凍結した菌体、あるいは乾燥菌体をプレス破碎、磨砕、自己消化、超音波処理などによ

り菌体細胞を破壊した処理物、または、この試料をD T T (ジチオスレイトール)等の還元剤を含む緩衝液に溶解し、不溶成分を除去した試料も利用できる。

【0015】さらに、この試料からゲルクロマトグラフィーやイオン交換クロマトグラフィーにより精製した酵素も利用できる。

【0016】本発明に用いるアルカン酸化菌が生産し得る酵素、例えば、メタンモノオキシゲナーゼとして、該酵素又はそれを構成するコンポーネントまたは、サブユニットに対する抗体を用いたアフィニティクロマトグラフィーにより、メタン酸化菌等のアルカン酸化菌の破碎試料から分離した酵素を用いるのが、精製純度が高く、かつ、失活度合いが少ないため、望ましい。

【0017】もちろん、遺伝子組み換え操作により作製したMMOなどのアルカン酸化菌が生産し得る酵素も利用できる。この場合、アルカン特にメタンの酸化に複数の酵素が関与する場合には、必要に応じてアルカン酸化酵素と同時に又は逐次的に関連する酸化還元酵素を固定化することもできる。アルカン酸化菌(特にメタン酸化菌)などの菌体由来の酵素を用いると、アルカンの酸化還元に必要な一連の酵素が存在するため好ましい。一方、遺伝子組み換え操作により作製したMMOなどのアルカン酸化酵素を担体、好ましくは高比表面積基体に固定化する場合、固定化担体をバインダーで固めた電極を用いることも可能である。

【0018】本発明では、アルカン特にメタンをアルカノール特にメタノールに変換する手段として、アルカン酸化菌及びアルカン酸化菌が生産し得る酵素のいずれを用いてもよいが、これらは好ましくは高比表面積基体に固定化したものを用いる。

【0019】高比表面積基体としては、導電性を有する基体、酸素透過性膜が好ましく例示される。好ましい導電性高比表面積基体としては、炭素体を挙げることができる。

【0020】炭素体としては、活性炭、活性炭素繊維、天然グラファイト、人造グラファイト等いずれも使用することが可能で、中でも活性炭が好ましく、木炭、石炭チャー、椰子殻、コーヒー豆、キチン等の天然物の炭化物、あるいは合成樹脂の還元雰囲気中での焼成物で、高温、あるいは低温で処理された炭化物が使用できる。

【0021】活性炭の比表面積を拡大させるために、必要に応じ水蒸気による高温処理あるいは塩化亜鉛水溶液を含ま浸することによる高温処理で賦活することができる。

【0022】高比表面積基体の形状としては、粉体状、繊維状、これらを使用したプレス成形物、塗工成形物、織布、不織布、膜状などいずれも使用することが可能で、特にこれらに限定されるものではない。高比表面積基体が酸素透過性膜、例えばルテニウム酸化膜を好適に用いることができる。

【0023】炭素体は電子伝導性を有するため、この導電性を利用して、菌体又は破碎菌体中に含まれる酵素、補酵素、その他生体関連物質、あるいは溶液中に溶解した酸素、水素、メタンなどのアルカン、エネルギー源としての蟻酸、アルデヒド、金属化合物を酸化還元するための電極として使用することが可能である。

【0024】この場合電界を印加することで酵素による反応サイクルを効率的に進めることが可能である。

【0025】高比表面積基体への固定化は、好ましくは非結合性固定化方法、例えばゲル固定化法、ミセル固定化法、電解重合法、高比表面積への吸着固定法からなる群から選ばれる方法により行うことができる。

【0026】ゲル固定化には、アルギン酸、アクリルアミドなどを用いることができるが、その場合に、上述の炭素体を適当量比にてゲルモノマーに混合し、アルカン酸化菌又はアルカン酸化菌が生産し得る酵素を加えて重合しゲル化処理することにより、ゲル内での導電性を持たせることが可能である。

【0027】ミセル固定化法、電解重合法、高比表面積への吸着固定法などは、公知の方法に従い行うことができる。

【0028】本発明の酸素透過性膜としては、ポリー[Ru(vbpy)<sub>3</sub>](ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>フィルムが挙げられる。該フィルムは0.5mM [Ru(vbpy)<sub>3</sub>](ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>とBu<sub>4</sub>NClO<sub>4</sub>/CH<sub>3</sub>CNの溶液中で電解重合法により金属電極、カーボン電極上に作成することができる。電解条件としては、例えば-1.25V vs Ag/Ag+と-1.95V vs Ag/Ag+の間で電位走査をおこなえばよい。

【0029】MMO酵素によるメタン酸化の反応サイクルは補酵素としてNADHを介してMMOを還元し酸素で酸化することにより4価の鉄オキシ化部位を得る方法がとられていると考えられている。

【0030】このNADH供給は、固定化処理するMMO酵素試料にNADを還元する酵素を適当量比にて添加して処理することでも可能である。

【0031】NADHを供給するかわりに、還元力を供給する目的として、メチルビオロゲンなどを酵素に添加して処理することも可能である。

【0032】本発明は、好ましくはリアクターの構造に以下の手段を組み込むことで達成することができる。

- (1) 必要に応じて栄養源を含む培地を補給する手段
- (2) 生成したアルカノールをリアクターから回収する手段
- (3) 酸素およびアルカン特にメタンをリアクターに供給する手段

各手段をリアクター内に組み込む場合において、培地のpH域は中性付近が好ましい。培地のpHの調整は、緩衝液を用いるか、pHにより酸又はアルカリを供給する手段を設ければよい。MDHを休眠化させる場合には(1)の栄養源を補給する工程では栄養源としてアルデヒド類、

カルボン酸の金属塩、あるいはこれら混合物を添加することにより達成できる。例えば蟻酸ナトリウムは栄養源として有効であり、pHへの影響はない。したがって溶液のpHは中性側に保たれる。蟻酸ナトリウムの添加で酵素の再活性化のターンオーバーは10万回以上と推定される。

【0033】酵素、菌体粗精製物、菌体により生産されたアルコールの濃度は菌体単位重量に対して10mM以下、好ましくは8mM以下、より好ましくは6mM以下、更に好ましくは5mM以下、特に3mM以下が好ましい。10mMを越えるとアルコール特にメタノールへの変換効率が低下する。これらを具体化するためには、例えば菌体ないし酵素を固定化する場合には、固定化膜を多孔性又は薄層にし、連続的に液体で洗浄する方法、遠心分離により生成物を分離洗浄する方法が例示される。

【0034】培養菌体からのMMOの抽出方法は公知の方法即ちI.J.Higgins等、J.General Microbiology 125, 63-72(1981)に記載されている方法によって行うことができる。しかし、本発明ではMMOは菌体から抽出された純粋な酵素である必要はない。

【0035】即ち、メタン酸化菌の生菌を培養液から遠心分離等の方法によって濃縮、分離し、その乾燥菌体あるいは菌体の磨砕、自己消化、超音波処理などによる菌体処理物、これらの菌体からの抽出物、その抽出物より得られる酵素の粗精物も利用できる。勿論酵素あるいは酵素粗精物は不溶化、固定化したものでも良い。

【0036】菌体は高濃度の金属イオン存在下で比較的安定にハンドリングすることが可能である。

【0037】菌体内のMMO酵素によるメタン酸化の反応サイクルは補酵素としてNADHを介してMMOを還元し酸素で酸化することにより4価の鉄オキソ化部位を得る方法がとられていると考えられている。

【0038】以下実施例に従い説明する。

【0039】

【実施例】図1は、本発明に基づくメタンからメタノールへの変換を行うためのバイオリクターシステムの一例である。

【0040】以下、図1をもとに本発明の実施形態について説明する。

【0041】本バイオリクターシステムは、菌体の培養系と培養した菌体を菌体層としてメタンをメタノールに変換する菌体層バイオリクター系からなる。

【0042】培養は例えば以下に示した通りである。

【メタン酸化菌の培養】菌株譲渡機関(ATCC)よりメタン酸化菌ATCC Number: 35070: Methylosinus trichosporium OB3bを入手し培養を行った。

【0043】培地として下記組成の培養液を用いジャーフェーマンター(容量3L)にて50%、50%空気(30℃)を供給し菌体の増殖を行った。菌体内にはMMOが誘導された。増殖時間は約8時間であった。また、sM

MOの精製量: 菌体100g当たりのMMO採取量は約25mgであった

【無機培地組成】

Culture Medium

K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.7	重量部
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.54	重量部
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	1.0	重量部
NH <sub>4</sub> Cl	0.5	重量部
FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0.004	重量部
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.2	重量部
CuCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.00001	重量部
NiCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.00002	重量部
Trace Element		
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0.0001	重量部
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	0.00003	重量部
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.0003	重量部
CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.0002	重量部
Na <sub>2</sub> MnO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.00003	重量部

水1リットルに溶解し pHを7.0に調整した。

【0044】培養系において、菌体を増殖する。所定の菌体濃度に達したのち、シクロプロパノール処理により菌体内酵素系のMDH機能の除去を行う。しかるのち、菌体を収集し固定化菌体を得るため、菌体を吸着する活性炭、および必要に応じて濾過分離し易いために濾過助剤を加える。

【0045】次に、上記スラリーを濾過器に送り、菌体濾過を行う。生成した濾過器内のケーキ層はそのままメタノール生産系のバイオリクターの菌体層として利用する。この利点は、菌体層が充填層のごとく厚型の菌体層であると生産物のメタノールが層内に蓄積し菌体酵素系を被毒し、活性を失うので、ケーキ層をそのまま菌体層として、薄型の層としてメタノールの層内蓄積を防ぐことができると言うことである。濾過器の形式は特に制限はなく、通常、菌体分離用の汎用濾過器でよいが、詳細設計は必要に応じて行うのがよい。

【0046】この菌体層の利用の仕方としては、ここでもメタノールの蓄積がないように、メタンおよび酸素を供給する手段としてのポンプにより水蒸気で飽和したメタンと酸素を気相として循環させ、メタノールはメタノール回収手段としての循環系の凝縮器により系外へ取り出すと言う方式が推奨される。なおこのメタン主体のガスは培養系にも循環使用される。また、該凝縮器によりメタノールを系外に取り出すことによりリアクター内のメタノール濃度を10mM以下に保つことができる。

【0047】菌体層の再活性化処理は、カルボン酸塩、培養培地で回分的に濾過プロセスを用いて行ってもよい。

【0048】

【発明の効果】本発明は燃料あるいは樹脂原料として、アルコール特にメタノールの製造方法に関するもので

あるが、特にメタノールから誘導されるDME燃料合成プロセスの中のメタノール合成パートとして、大きな意義を持つ。

【0049】ジメチルエーテル（DME）はメタノールの脱水触媒反応により得られるため、アルコール特にメタノールのアルカン特にメタン酸化による本プロセスはDMEの製造プロセスとしても有意義なものとなる。DMEは

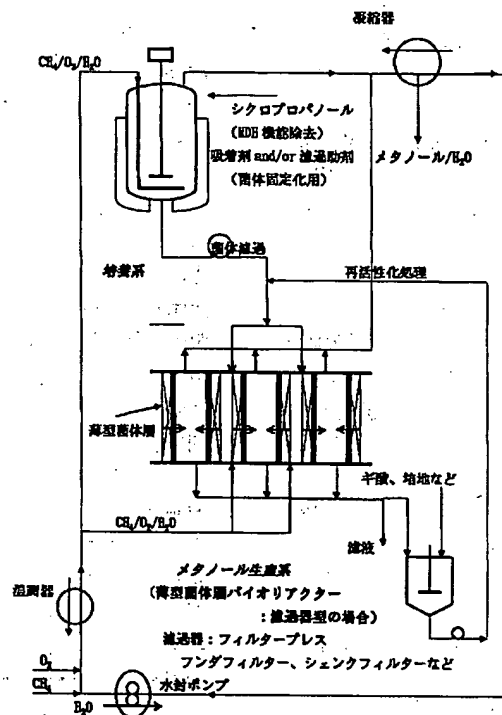
LPGの主成分であるプロパン、ブタンに類似した性質を有し、貯蔵安定性に優れ、高い燃焼効率、低毒性、低公害性といった優れた性能を持った新ディーゼル燃料として注目されており、DME燃料のより効率的な合成法としても究めて重要である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のバイオリクターを示す図である。

【図1】

メタン/メタノール変換バイオリクターシステム



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

(C12P 7/04

C12R 1:01)

識別記号

F I

ターミナル (参考)

Fターム(参考) 4B029 AA02 BB16 CC03 DA03 DF03

4B033 NA01 NA12 NA23 NB36 NB48

NC01 ND02 NE05

4B050 CC02 DD02 GG03 LL05

4B064 AC02 CA02 CA21 CB12 CC03

CC09 CD04 DA16